

Космологические ограничения на параметр кинетического смешивания в моделях с зеркальной темной материей

Работу выполнил студент группы Б19-102

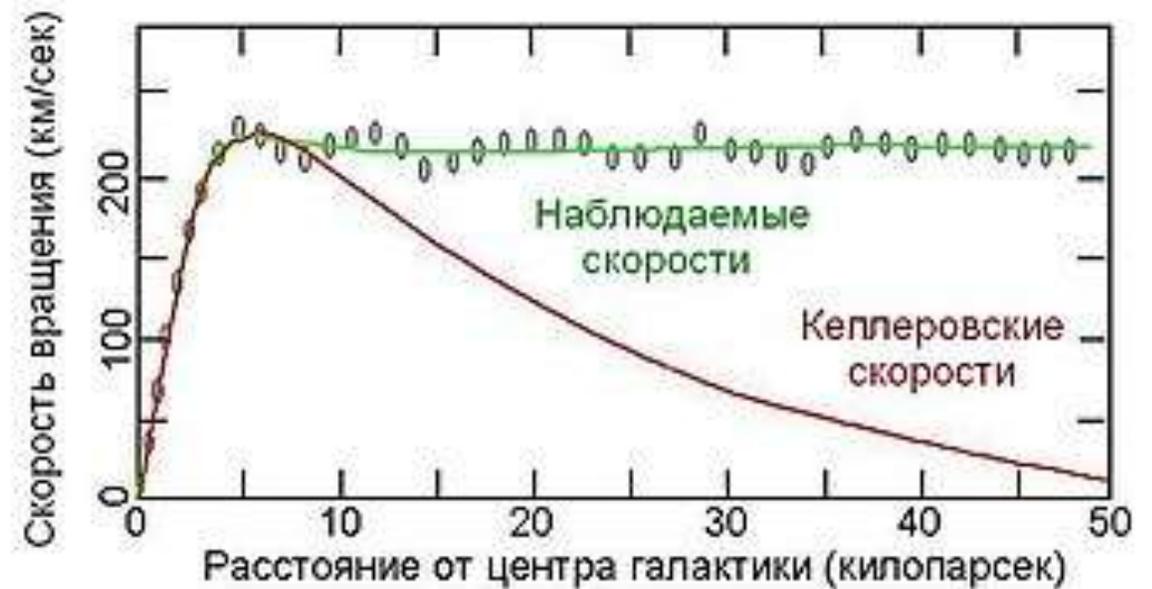
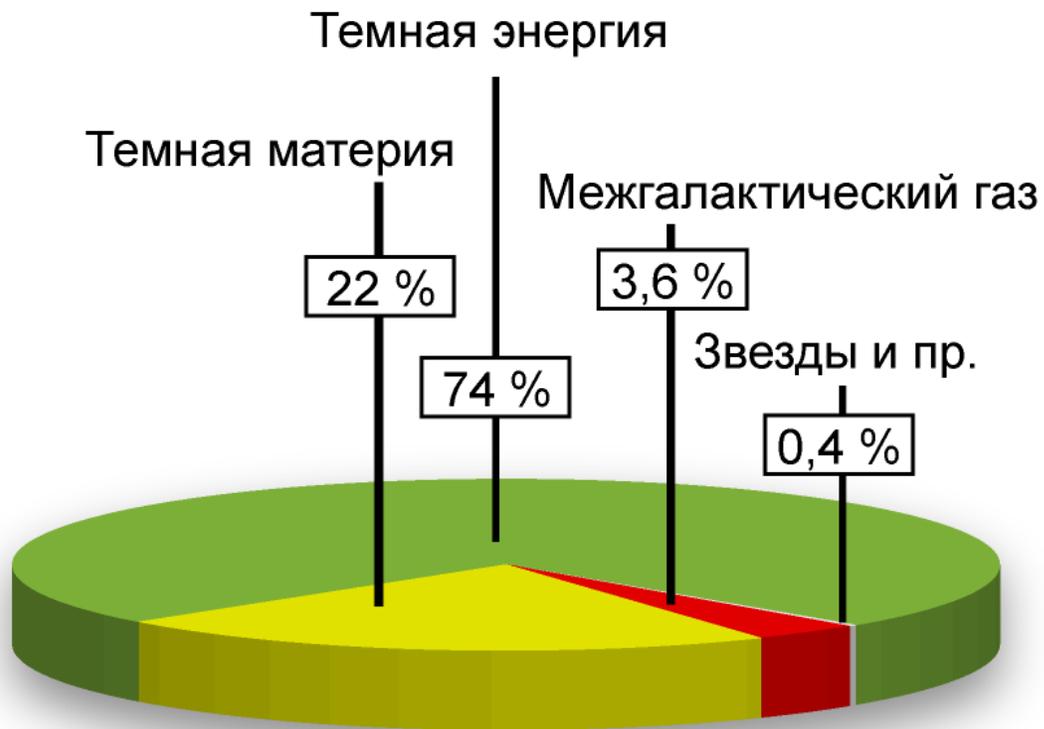
Зуев К.М.

Научный руководитель:

Шаламова В.Ю.

Введение

Темная материя - это одна из форм материи, составляющая около четверти массы-энергии всей Вселенной.



Модель зеркального вещества: существует зеркальный сектор, состоящий из частиц, спиральность которых является правой.

Цель работы: уточнение космологических ограничений на параметр кинетического смешивания частиц наблюдаемого сектора с частицами зеркального сектора.

Задачи работы: решение дифференциального уравнения эволюции из статьи [1], получение графика зависимости параметра $\langle \sigma v_{Mol} \rangle$ из статьи [2].

[1] P. Ciarcelluti and R. Foot. Early Universe cosmology in the light of the mirror dark matter interpretation of the DAMA/Libra signal. *Phys.Lett.B679:278-281*, 9 2008.

[2] Zurab Berezhiani and Angela Lepidi. Cosmological bounds on the "millicharges" of mirror particles. *Phys.Lett.B681:276-281*, 11 2009.

Основные положения

1. В условиях ранней Вселенной существовала асимметрия между температурой обычного сектора и температурой зеркального сектора.

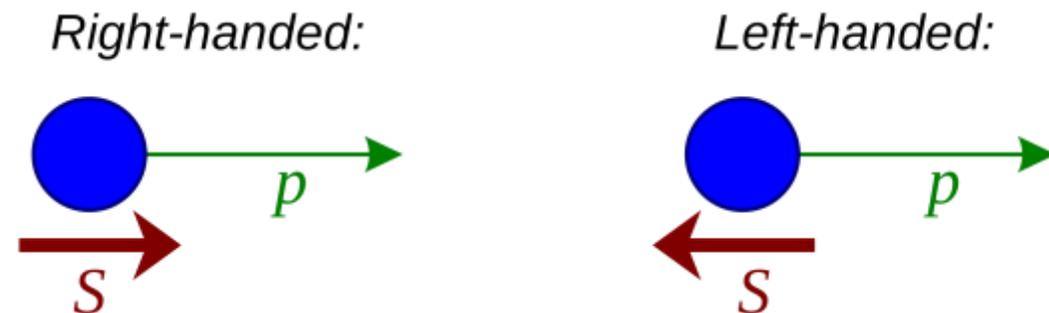
Рассматривается кинетическое смешивание фотонов и зеркальных фотонов. Лагранжиан взаимодействия:

$$\mathcal{L}_{mix} = \frac{\epsilon}{2} F^{\mu\nu} F'_{\mu\nu}$$

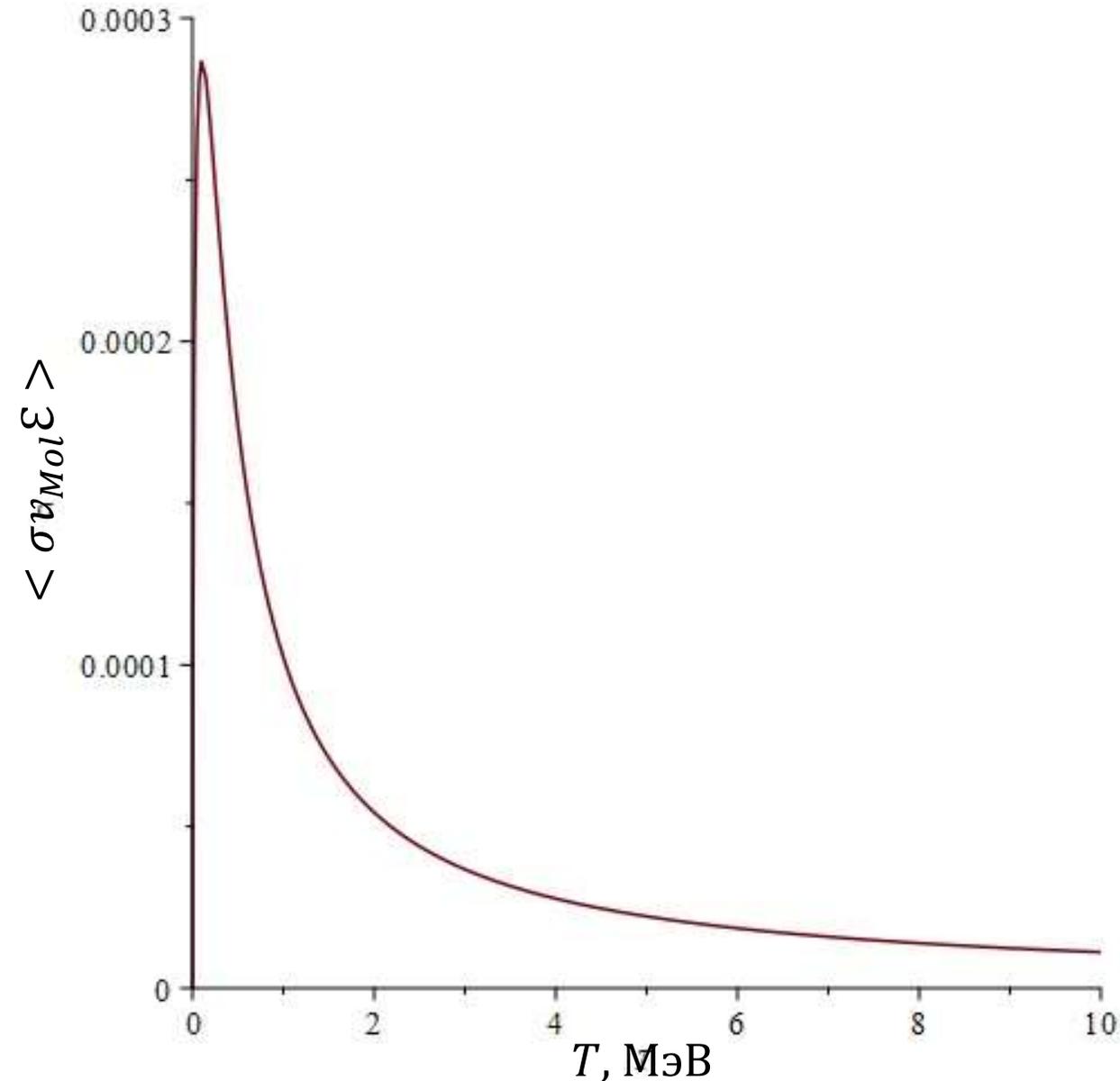
где ϵ – параметр кинетического смешивания (в рассматриваемой статье [2] $\epsilon \simeq 8,5 \times 10^{-10}$)

2. Уравнение эволюции зеркального сектора:

$$\frac{\partial \rho'}{\partial t} = n_{e^+} n_{e^-} \langle \sigma v_{Mol} \mathcal{E} \rangle$$



Результаты прошлого семестра



Исключая в уравнении зависимость от времени и переходя к переменной ρ'/ρ , имеем

$$\frac{\partial \rho'/\rho}{\partial T} = \frac{-n_{e^+}n_{e^-} \langle \sigma v_{Mol} \mathcal{E} \rangle 0.6 M_{Pl}}{\pi^2 g T^4 / 30 \sqrt{g} T^3},$$

Где g – эффективное число степеней свободы, M_{Pl} – масса Планка,

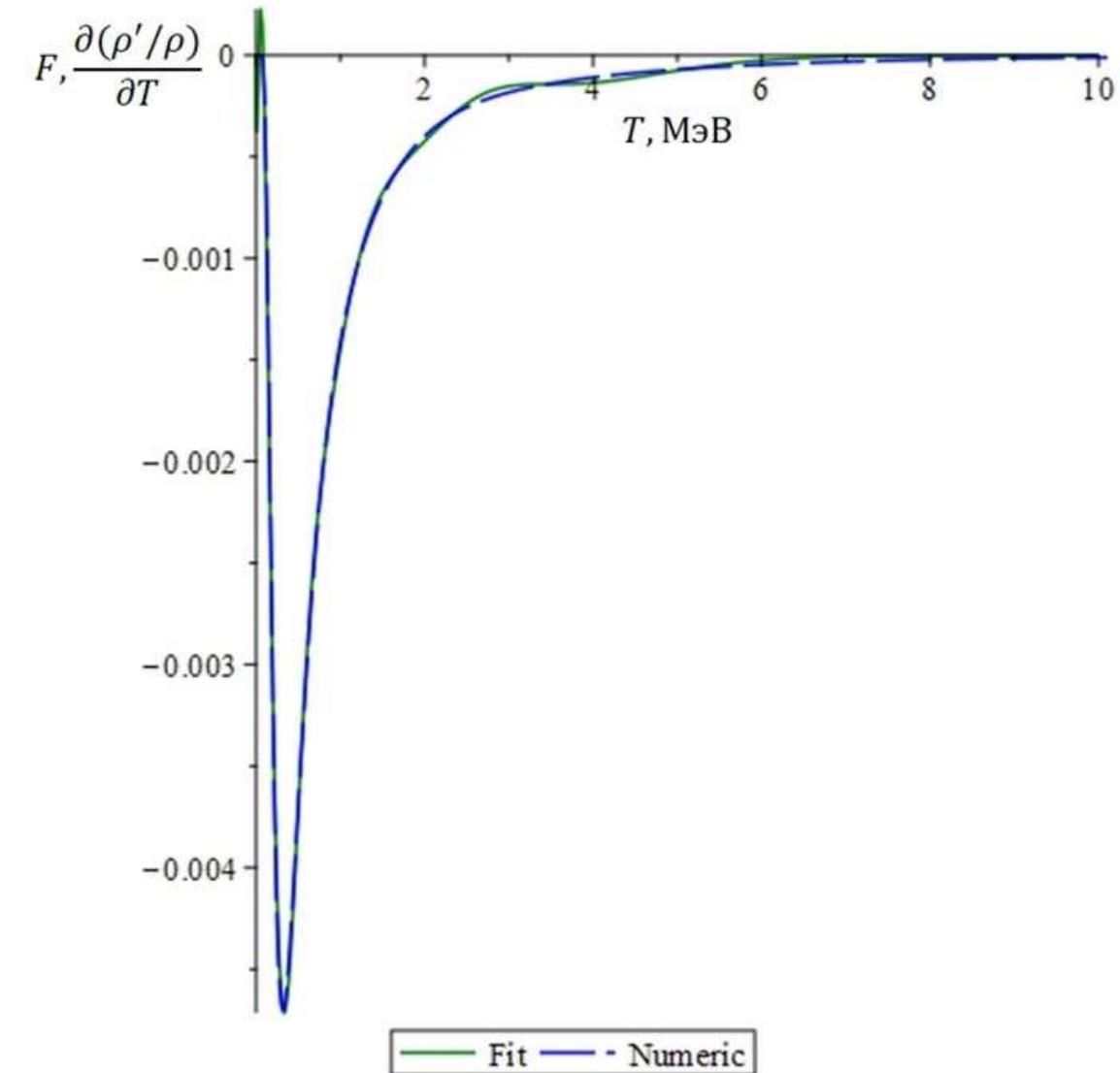
$$\langle \sigma v_{Mol} \mathcal{E} \rangle = \frac{1}{8m_e^4 T^2 K_2^2(m_e/T)} \int_{4m_e}^{\infty} ds \sigma (s - 4m_e^2) \sqrt{s} \times$$

$$\times \int_{\sqrt{s}}^{\infty} dE_+ e^{-E_+/T} E_+ \sqrt{\frac{E_+^2}{s} - 1},$$

$$\sigma = \frac{4\pi}{3} \alpha^2 \epsilon^2 \frac{1}{s^3} (s + 2m_e^2)^2$$

Решение уравнения ЭВОЛЮЦИИ

6



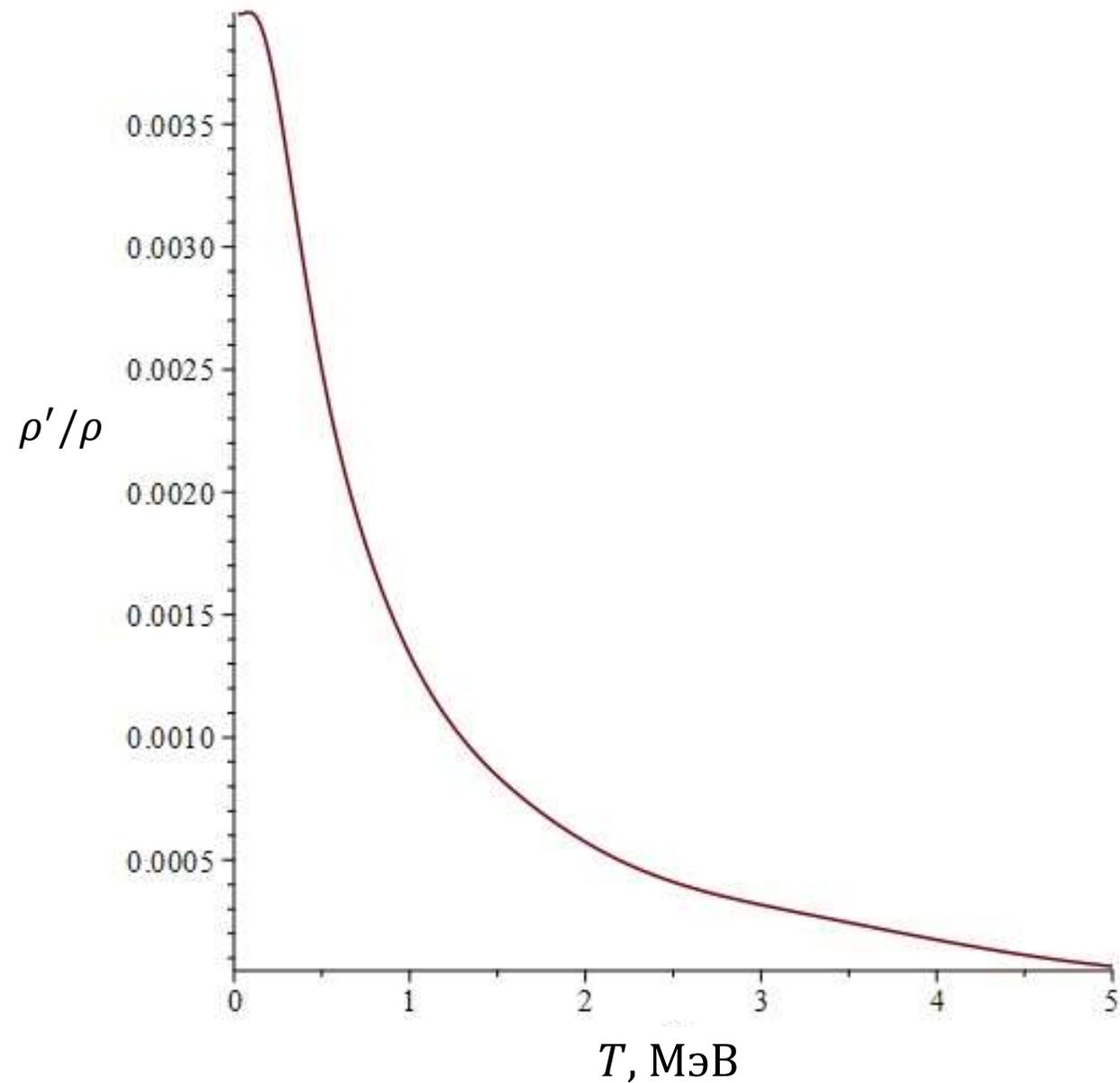
$$\frac{\partial \rho' / \rho}{\partial T} = \frac{-n_{e^+} n_{e^-} \langle \sigma v_{Mol} \mathcal{E} \rangle 0.6 M_{Pl}}{\pi^2 g T^4 / 30 \sqrt{g} T^3},$$

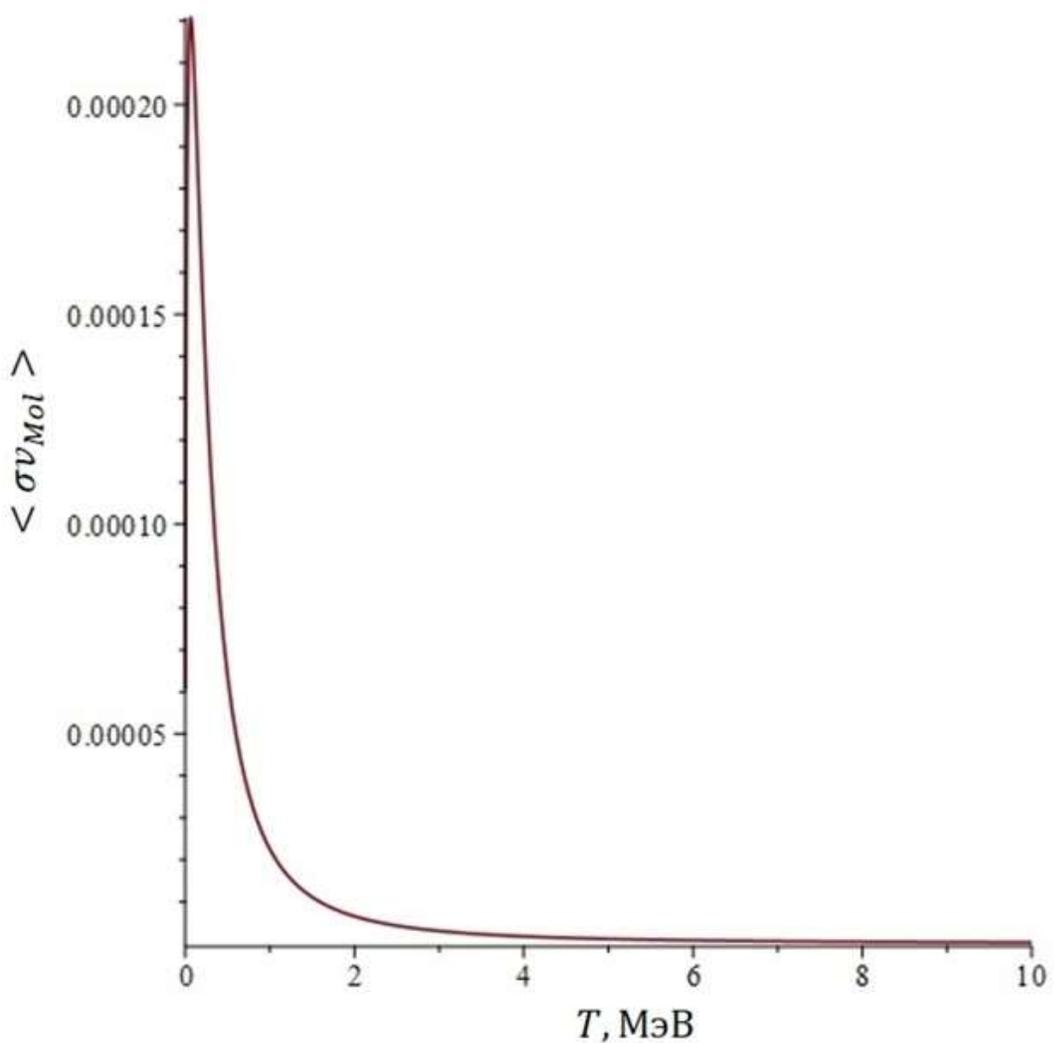
Функция фита:

$$F = \sum_{n=1}^{10} (-1)^{n+1} C_n e^{-\beta T} \sqrt{T}$$

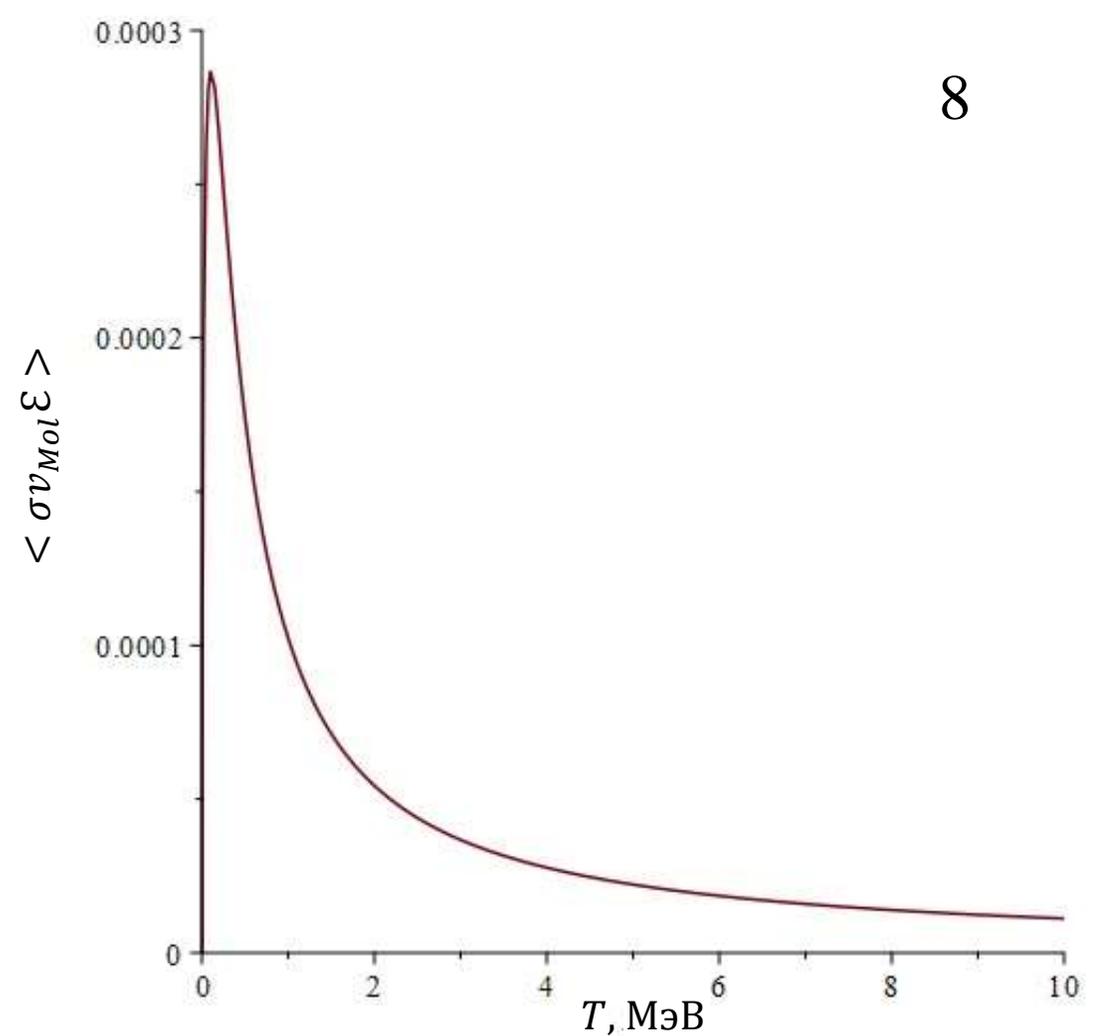
C_n, β – параметры, подлежащие определению

Решение уравнения эволюции





$$\langle \sigma v_{Mol} \rangle = \frac{1}{8m_e^4 T^2 K_2^2 (m_e/T)} \int_{4m_e}^{\infty} ds \sigma(s - 4m_e^2) \sqrt{s} \times K_1(\sqrt{s}/T)$$



$$\langle \sigma v_{Mol} \mathcal{E} \rangle = \frac{1}{8m_e^4 T^2 K_2^2 (m_e/T)} \int_{4m_e}^{\infty} ds \sigma(s - 4m_e^2) \sqrt{s} \times \int_{\sqrt{s}}^{\infty} dE_+ e^{-E_+/T} E_+ \sqrt{\frac{E_+^2}{s} - 1},$$

Заключение

Результаты работы:

1. Найдена фитирующая функция дифференциального уравнения эволюции зеркального сектора [1], его численное решение и его график
2. Получен график зависимости $\langle \sigma v_{Mol} \rangle (T)$ [3].

Дальнейшее развитие работы

1. Получение численного решения уравнения эволюции из [2] с использованием параметра $\langle \sigma v_{Mol} \rangle$, его графика.
2. Получение ограничений на параметр кинетического смешивания для рассмотренной модели зеркальной темной материи.

Спасибо за внимание!